

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-347688

(P2000-347688A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 0 L 15/20
21/02

識別記号

F I

G 1 0 L 3/02
9/14

テマコード* (参考)

3 0 1 D 5 D 0 1 5
F 9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-162240
(22) 出願日 平成11年6月9日 (1999. 6. 9)

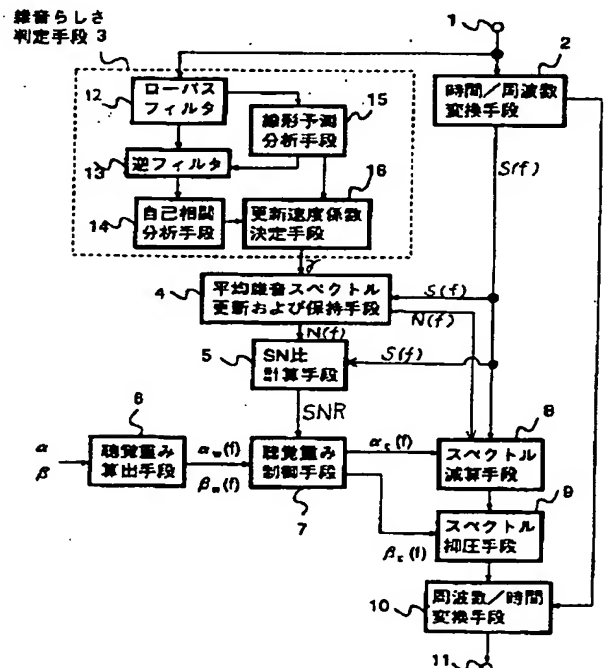
(71) 出願人 000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(72) 発明者 古田 訓
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(74) 代理人 100102439
弁理士 宮田 金雄 (外2名)
Fターム(参考) 5D015 AA06 EE05
9A001 EE02 HH15

(54) 【発明の名称】 雑音抑圧装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 種々の雑音環境下で用いるシステムで高雑音下でも品質劣化の少ない雑音抑圧装置。

【解決手段】 入力信号をフレーム毎に周波数分析し振幅と位相スペクトルに変換する時間／周波数変換手段2と、入力信号フレームの雑音らしさ分析手段3と、該手段が出力する判定結果に基づき該フレームの振幅スペクトルを用い平均雑音スペクトルを更新保持する平均雑音スペクトル更新および保持手段4と、スペクトルの聴覚重み付けを行う聴覚重み算出手段6と、振幅と平均雑音スペクトルから計算するSN比計算手段5と、複数の聴覚重みをSN比で制御する聴覚重み制御手段7と、振幅から平均雑音スペクトルに聴覚重み制御手段が出力する聴覚重みを乗じて減算するスペクトル減算手段8と、該手段より得る雑音引去りスペクトルに聴覚重み制御手段が出力するそれ以外の聴覚重みを乗じるスペクトル抑圧手段9と、該手段の出力結果の周波数／時間変換手段10とを有する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 時間軸入力信号を周波数分析して振幅スペクトルと位相スペクトルとに変換する時間周波数変換手段と、前記入力信号から雑音スペクトルを求める手段と、前記振幅スペクトルと前記雑音スペクトルから信号対雑音比を求める手段と、スペクトルに応じて聴覚重み付けを行う第 1 および第 2 の聴覚重みを前記信号対雑音比に基づいて制御する聴覚重み制御手段と、この聴覚重み制御手段により制御された第 1 の聴覚重みと前記雑音スペクトルとの積を前記振幅スペクトルから減算するスペクトル減算手段と、このスペクトル減算手段により得られたスペクトルに前記聴覚重み制御手段により制御された第 2 の聴覚重みを乗算するスペクトル振幅抑圧手段と、このスペクトル抑圧手段の出力を時間軸信号に変換する周波数時間変換手段とを備えた雑音抑圧装置。

【請求項 2】 聴覚重み制御手段が、信号対雑音比が大なる周波数では前記第 1 および第 2 の聴覚重みを大とし、信号対雑音比が小なる周波数では前記第 1 および第 2 の聴覚重みを小とすることを特徴とする請求項 1 に記載の雑音抑圧装置。

【請求項 3】 第 1 および第 2 の聴覚重みの少なくとも一方を、入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの平均スペクトルの低域パワーに対する高域パワーの比で変更する聴覚重み変更手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の雑音抑圧装置。

【請求項 4】 第 1 および第 2 の聴覚重みを、入力信号が雑音か音声かの判定結果により変更する聴覚重み変更手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の雑音抑圧装置。

【請求項 5】 スペクトル減算手段の減算結果が負となる場合に、所定のスペクトルに第 3 の聴覚重みを乗じたスペクトルを埋め戻すことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の雑音抑圧装置。

【請求項 6】 所定のスペクトルが入力振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルとの平均スペクトルであることを特徴とする請求項 5 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 7】 第 3 の聴覚重みを、入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルとの平均スペクトルの低域パワーに対する高域パワーの比で変更することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の雑音抑圧装置。

【請求項 8】 第 3 の聴覚重みを、信号対雑音比で制御することを特徴とする請求項 5 または 6 のいずれかに記載の雑音抑圧装置。

【請求項 9】 第 3 の聴覚重みに、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルの比を乗じてその値を調整することを特徴とする請求項 5～7 のいずれかに記載の雑音抑圧装置。

2

【請求項 10】 少なくとも一つの聴覚重みを外部より制御または選択することを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載の雑音抑圧装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、種々の雑音環境下で用いられる音声通信システムや音声認識システム等において、目的信号以外の雑音を抑圧する、雑音抑圧装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 音声信号に重畳した雑音などの目的外信号を抑圧する雑音抑圧装置として、例えば特開平 9-212196 号公報に開示されている。これは、文献 (Steven F. Boll, "Suppression of Acoustic noise in speech using spectral subtraction", IEEE Trans. ASSP, Vol. ASSP-27, No. 2, April 1979) に示す振幅スペクトルに着目した、いわゆるスペクトルサブトラクション方法を基本とするものである。

【0003】 図 11 を用いて特開平 9-212196 号公報に開示されている従来技術の構成を説明する。図 11 において、200 は従来の雑音抑圧装置、201 は聴覚重み付け側、202 は損失制御側を示す。101 は入力信号端、102 は周波数分析回路、103 は線形予測分析回路、104 は自己相関分析回路、105 は最大値分析回路、106 は音声/非音声分析回路であり、この出力でスイッチ 107A、107B のオン/オフ制御を行う。108 は雑音スペクトル特性計算および記憶回路で、ここで聴覚重み付けが行われる。109 は減算手段、110 は逆周波数分析回路であり、周波数分析回路 102 と逆の動作を行う。111 は平均雑音レベル記憶回路、112 は損失制御係数回路、113 は出力信号計算回路、114 は演算手段、115 は出力信号端である。

【0004】 次にこの従来技術の動作について説明する。入力信号が信号入力端 101 から取り込まれ、周波数分析回路 102 において、パワースペクトル $S(f)$ と位相スペクトル $P(f)$ に分離される。同時に、入力信号は、線形予測分析回路 103 において、線形予測分析を行い、線形予測残差信号 (残差信号) を得る。残差信号は、自己相関分析回路 104 にて自己相関係数を得る。最大値選択回路 105 では、自己相関係数最大値 (R_{max} とする) を検索し、この R_{max} より音声/非音声識別回路 106 で入力信号の種類を識別する。 R_{max} がある閾値よりも大きい場合を音声信号、それ以下を雑音と判定する。

【0005】 音声/非音声識別回路 106 で雑音と判定された信号スペクトル $S(f)$ は、スイッチ 107A の操作により、雑音スペクトル $S_{ns}(f)$ として雑音スペクトル特性計算および記憶回路 108 に蓄積される。雑音スペクトルの更新は数式 (1) のように更新前の雑音スペクトル

10

20

30

40

50

3

ル Sns_{old} と入力信号スペクトル $S(f)$ に重み係数 β を乗じて行う。

【0006】

【数1】

$$Sns_{new}(f) = Sns_{old}(f) \cdot \beta + S(f) \cdot (1 - \beta)$$

【0007】続いて、雑音抑圧処理の為に雑音スペクトル $Sns(f)$ に重み付け係数 $W(f)$ を用いて聴覚重み付けを行う。 $W(f)$ は例えば数式(2)のように表現される。

【0008】

【数2】

$$W(f) = \{B - (B/f_c)f\} + K, \quad f = 0, \dots, f_c$$

$$S'(f) = \begin{cases} S(f) - W(f) \cdot Sns(f) & \text{if } S(f) > Sns(f) \\ 0 \text{ or } th(f) & \text{else} \end{cases}$$

【0012】逆周波数分析回路110は、雑音除去スペクトル $S'(f)$ と位相スペクトル $P(f)$ を用いて、周波数領域から時間領域に変換して信号波形を得る。

【0013】続いて、平均雑音レベル記憶回路111は、入力信号が雑音であると判定されたときの残留雑音レベルを記憶する。平均雑音レベル Lns は、先に述べた雑音スペクトル $Sns(f)$ と同様に、数式(4)を用いて入力信号が雑音と判定されたときのみ更新される。ここで $Lns_{new}[t]$ は時刻 t に更新された平均雑音レベル、 Lns_{old} は更新前のフレーム内平均雑音レベル、 $Lns[t]$ は時刻 t における逆周波数分析回路110の出力信号の残留雑音レベル、 β は重み係数である。

【0014】

【数4】

$$Lns_{new}[t] = Lns_{old} \cdot \beta + Lns[t] \cdot (1 - \beta)$$

【0015】以上求めた $Lns[t]$ と、 $Ls[t]$ を用いて数式(5)より損失制御係数 $A[t]$ を計算する。 μ は所望の損失量である。ここで、 $Ls[t]$ は逆周波数分析回路110の出力信号を受け、出力信号計算回路113が出力する信号である。

【0016】

【数5】

$$A[t] = Ls[t] / \mu Lns[t]$$

【0017】演算手段114は、逆周波数分析回路110の出力信号に上記求めた損失制御係数 $A[t]$ を乗じて、出力信号端115より出力する。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上説明した雑音抑圧装置は、平均雑音スペクトルに聴覚重み付けを行った後、スペクトル減算処理を行い、更に損失制御係数により残留雑音を抑圧することができるので、目的信号の歪みを最小限に抑え、聴覚的に残留雑音を軽減することができるが、次のような問題がある。

4

*【0009】ここで、 f_c は入力信号の周波数帯域に相当する値、 B および K は重み係数であり、この値が大きい程抑圧量が大きくなる。この B および K は雑音種や大きさによって適応的に変化させることもできる。

【0010】演算手段109は、数式(3)に従って入力信号スペクトル $S(f)$ から平均の雑音スペクトル $Sns(f)$ の減算処理を行い、雑音除去スペクトル $S'(f)$ を得る。雑音除去スペクトル $S'(f)$ が負になった場合には、0または低レベル雑音 $th(f)$ を付加する。

10 【0011】

【数3】

【0019】スペクトル減算処理で除去しきれなかった残留雑音をスペクトル上ではなく、時間軸上で抑圧処理を行っているので、スペクトル上で聴感上好ましいように振幅抑圧を行うことが出来ない上、音声区間においては音声波形を抑圧することなく残留雑音を抑圧することができず、音声の音量が小さくなってしまいう問題点があった。

【0020】また、高速走行時の自動車内など高騒音環境では、雑音区間判定精度の劣化により平均雑音スペクトルの推定精度が低下するので、過度の引き去り等の原因によりスペクトルサブトラクション法特有のミュージカルノイズ(楽音的雑音)が発生するが、平均雑音スペクトルの聴覚重み付けによる引き去り係数制御のみではスペクトル上での雑音抑圧処理に限界があるという問題点があった。

30

【0021】また、雑音除去スペクトルが負になった場合の処理(埋め戻し処理)時において、付加する低レベル雑音では、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの発生を抑圧することができないという問題点があった。

【0022】この発明は、かかる課題を解決するためになされたもので、聴感上好ましい雑音抑圧が可能かつ高雑音下でも品質劣化の少ない雑音抑圧装置を提供することを目的としている。

40

【0023】

【課題を解決するための手段】この発明に係る雑音抑圧装置は、時間軸入力信号を周波数分析して振幅スペクトルと位相スペクトルとに変換する時間/周波数変換手段と、前記入力信号から雑音スペクトルを求める手段と、前記振幅スペクトルと前記雑音スペクトルから信号対雑音比を求める手段と、スペクトルに応じて聴覚重み付けを行う第1および第2の聴覚重みを前記信号対雑音比に基づいて制御する聴覚重み制御手段と、この聴覚重み制御手段により制御された第1の聴覚重みと前記雑音スペクトルとの積を前記振幅スペクトルから減算するスペ

50

5

トル減算手段と、このスペクトル減算手段により得られたスペクトルに前記聴覚重み制御手段により制御された第2の聴覚重みを乗算するスペクトル振幅抑圧手段と、このスペクトル抑圧手段の出力を時間軸信号に変換する周波数/時間変換手段とを備えたものである。

【0024】また、聴覚重み制御手段が、信号対雑音比が大なる周波数では前記第1および第2の聴覚重みを大とし、信号対雑音比が小なる周波数では前記第1および第2の聴覚重みを小とするものであっても良い。

【0025】また、第1および第2の聴覚重みの少なくとも一方を入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号スペクトルと雑音スペクトルとの平均スペクトルの低域パワーと高域パワーの比に基づき変更する聴覚重み変更手段を備えたものであっても良い。

【0026】また、第1および第2の聴覚重みを入力信号が音声か雑音かの判定結果により変更する聴覚重み変更手段を備えても良い。

【0027】また、スペクトル減算手段の減算結果が負となる場合には、所定のスペクトルに第3の聴覚重みを乗じたスペクトルを減算結果としても良い。

【0028】また、前記の所定のスペクトルは、入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの平均スペクトルであっても良い。

【0029】また、第3の聴覚重みを入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの平均スペクトルの低域パワーに対する高域パワーの比で変更するようにしても良い。

【0030】また、第3の聴覚重みを信号対雑音比で制御するようにしても良い。

【0031】また、第3の聴覚重みを入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの比を乗じてその値を調整するようにしても良い。

【0032】また、少なくとも一つの聴覚重みを外部から制御または選択するようにしても良い。

【0033】

【発明の実施の形態】実施の形態1

ここでこの発明の雑音抑圧装置を図面に従って説明する。

【0034】図1は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態1の構成を示すブロック図である。大きく分けて、1は入力信号端子、2は時間/周波数変換手段、3は雑音らしき分析手段、4は平均雑音スペクトル更新および保持手段、5はSN比計算手段、6は聴覚重み算出手段、7は聴覚重み制御手段、8はスペクトル減算手段、9はスペクトル抑圧手段、10は周波数/時間変換手段、11は出力信号端子である。以下、図1に従って本発明の雑音抑圧装置の動作原理を説明する。

【0035】所定のサンプリング周波数（例えば8kHz）でサンプリングされ、所定のフレーム単位（例えば20m

6

s）に分割された入力信号が入力信号端子1より入力される。この入力信号は背景雑音だけの場合もあれば背景雑音が混入した音声信号の場合もある。

【0036】時間/周波数変換手段2は、例えば256点FFT（Fast Fourier Transform:高速フーリエ変換）を用いて、入力信号を振幅スペクトル $S(f)$ と位相スペクトル $P(f)$ に変換する。なおFFTは周知の手法であるので説明は省略する。

【0037】雑音らしき分析手段3は、線形予測分析手段15、ローパスフィルタ12、逆フィルタ13、自己相関分析手段14、更新速度係数決定手段16から構成される。まず、ローパスフィルタ12で入力信号のフィルタ処理を行いローパスフィルタ信号を得る。このフィルタのカットオフ周波数は例えば2kHzとする。ローパスフィルタ処理を行うことで高域雑音の影響を取り除くことができ安定した分析が行える。次に線形予測分析手段15でローパスフィルタ信号の線形予測分析を行い、線形予測係数（例えば10次の α パラメータ）を得る。逆フィルタ13はローパスフィルタ信号を線形予測係数を用いて逆フィルタ処理を行いローパス線形予測残差信号（以下、ローパス残差信号と略す）を出力する。続いて自己相関分析手段14で、ローパス残差信号の自己相関分析を行い、正のピーク値を求めこれを RAC_{max} とする。

【0038】更新速度係数決定手段16は、例えば前出の RAC_{max} と、ローパス残差信号のパワー、フレームパワーを用いて、雑音らしさを例えば表1に示すように5レベルに決定し、各々のレベルに応じた平均雑音スペクトル更新速度係数 r を決定する。

【0039】

【表1】

レベル	雑音らしき	平均雑音スペクトル更新速度係数 r
0	雑音性大	0.5
1	.	0.6
2	.	0.8
3	.	0.95
4	雑音性小	0.9999

【0040】聴覚重み算出手段6は、所定の定数 α 、 α' （例えば $\alpha=1.2$ 、 $\alpha'=0.5$ ）および β 、 β' （例えば $\beta=0.8$ 、 $\beta'=0.1$ ）を入力し、数式（6）より第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ を算出する。 f_c はナイキスト周波数である。

【0041】

【数6】

$$\alpha_w(f) = (\alpha' - \alpha) \cdot f/f_c + \alpha, \quad f = 0, \dots, f_c$$

$$\beta_w(f) = (\beta' - \beta) \cdot f/f_c + \beta, \quad f = 0, \dots, f_c$$

【0042】なお、第1の聴覚重み α_w 、第2の聴覚重み β_w は入力信号レベルや使用環境に応じて決定することができる。図2は例えば、使用環境を高速走行時の自

7

動車内とした場合の一例である。

【0043】平均雑音スペクトル更新および保持手段4は、雑音らしき分析手段3が出力する平均雑音スペクトル更新係数 τ と振幅スペクトル $S(f)$ から、数式(7)のように平均雑音スペクトル $N(f)$ の更新を行う。 $N_{old}(f)$ は更新前の平均雑音スペクトル、 $N_{new}(f)$ は更新後の平均雑音スペクトルである。

【0044】

【数7】

$$N_{new}(f) = (1 - \tau) \cdot N_{old}(f) + \tau \cdot S(f)$$

【0045】SN比計算手段5は、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルから、平均雑音スペクトルに対する入力信号スペクトルの比(SN比)を計算する。

【0046】聴覚重み制御手段7は、図2の第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ 、第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ をSN比計算手段5が出力するSN比に基づき、現フレームのSN比に適応した値に制御する。その後、SN比制御された第1の聴覚重み $\alpha_c(f)$ 、SN比制御された第2の聴覚重み $\beta_c(f)$ として出*

$$S(f)_s = \begin{cases} S(f) - \alpha_c(f) \cdot N(f) \\ 0 \quad \text{or} \quad n(f) \end{cases}$$

【0049】スペクトル抑圧手段9は、数式(9)のように雑音引き去り後スペクトル $S_s(f)$ に、SN比制御された第2の聴覚重み $\beta_c(f)$ を乗じて、雑音の振幅を減少させた雑音抑圧スペクトル $S_r(f)$ を出力する。

【0050】

【数9】

$$S_r(f) = \beta_c(f) \cdot S_s(f)$$

【0051】周波数/時間変換手段10は、時間/周波数変換手段2の逆の手順をとり、例えば逆FFTを行って雑音抑圧スペクトル $S_r(f)$ と位相スペクトル $P(f)$ とを用いて時間信号に変換し、一部前フレームの信号成分と重ね合わせを行い、雑音抑圧信号を出力信号端子11より出力する。

【0052】雑音スペクトルの形状にもよるが有声音は低域成分が大きいので、一般に低域の方がSN比が大きくなる。そこで、図2に示すように、スペクトル減算に用いる第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ を低域では大きく、高域になるに従って小さくすることにより、SN比が大きい所程雑音を大きく減算し、SN比が小さい所程減算を小さくするので、スペクトルの過度の引き去り、特に高域成分の音声スペクトルの変形を防止しつつ総合的に大きな雑音抑圧量が得られる。この方式は特に低域に大きな雑音成分を有する自動車走行騒音の抑圧に有効である。

【0053】また、図2に示すように、スペクトル振幅抑圧に用いる第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ をSN比が大きい低域では大きく(=振幅抑圧を弱める)し、SN比が小さい高域になるに従って小さく(=振幅抑圧を強める)するという重み付けを行うので、低域に大きな成分を持

8

*力する。図3はその制御の一例である。SN比が高い時は、 $\alpha_w(0)$ と $\alpha_w(fc)$ との差が大きく設定する(即ち図2中の $\alpha_w(f)$ の傾斜が大きくなる)。逆に $\beta_w(f)$ の場合は $\beta_w(0)$ と $\beta_w(fc)$ との差を小さくする(図2の $1/\beta_w(f)$ の傾斜が緩やかになる)。そして、SN比が小さくなるにつれて、 $\alpha_w(0)$ と $\alpha_w(fc)$ の差を小さくし($\alpha_w(f)$ の傾斜は緩やかになる)、逆に $\beta_w(0)$ と $\beta_w(fc)$ の差は大きくなる($1/\beta_w$ の傾斜は大きくなる)。

【0047】スペクトル減算手段8は、平均雑音スペクトル $N(f)$ にSN比制御された第1の聴覚重み $\alpha_c(f)$ を乗じて、数式(8)のように振幅スペクトル $S(f)$ の減算を行い、雑音引き去り後スペクトル $S_s(f)$ を出力する。また、雑音引き去り後スペクトル $S_s(f)$ が負になった場合には0または所定の低レベル雑音 $n(f)$ を挿入してこれを雑音引き去り後のスペクトルとする埋め戻し処理を行う。

【0048】

【数8】

$$\begin{aligned} & \text{if } S(f) > \alpha_c(f) \cdot N(f) \\ & \text{else} \end{aligned}$$

つ自動車走行騒音が重畳した音声信号に対し、スペクトル減算処理で除去しきれなかった高域の残留雑音を振幅抑圧することで雑音抑圧を行うので、効果的に雑音抑圧を行うことができる。

【0054】また、高速走行時の自動車内など高騒音環境では、雑音区間判定精度の劣化により平均雑音スペクトルの推定精度が低下するので、過度の引き去り等の原因によりスペクトルサブトラクション法特有のミュージカルノイズ(楽音的雑音)が発生するが、本発明の構成を成すことにより、低域に比べSN比が劣化する高域においては引き去りではなく振幅抑圧が優先されるように雑音抑圧を行うことができるので、ミュージカルノイズの発生を抑圧することができるとともに、発生したミュージカルノイズそのものも抑圧することができ、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0055】また、SN比計算精度が劣化しても、聴覚重みがリミッタとして働くので過度の抑圧が防止でき、音声品質劣化が少ない雑音抑圧を行うことができる。

【0056】また、本実施の形態の構成をとることにより、音声区間において音声スペクトルを抑圧することなく残留雑音を抑圧することができるので、音声の音量が小さくならないという利点がある。

【0057】なお、雑音らしき判定手段3を従来の雑音抑圧装置に用いられている有音/雑音判定回路(図11の回路103~106)に置き換えても本発明の効果はかわらない。

【0058】実施の形態2

実施の形態1の別の形態として、現フレームの入力信号

9

振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、その低域パワーと高域パワーの比で第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することも可能である。

【0059】図4は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態2の構成を示すブロック図であり、実施の形態1に係る図1との同一、対応部分には同一符号を付して示す。図1と比べて新たな構成は、聴覚重み変更手段17である。その他の構成については図1と同様であるので説明は省略する。以下、図4に従って本実施の形態の雑音抑圧装置の動作原理を説明する。

【0060】聴覚重み変更手段17は、時間/周波数変換手段が出力する128点の振幅スペクトルおよび平均雑音スペクトル更新および保持手段4が出力する平均雑音スペクトルを入力し、振幅スペクトルと平均雑音スペ

$$\hat{\beta}_w(f) = \beta_w(f) \cdot ((Pow_{h/l} - 1) \cdot f + fc) / fc, \quad f = 0, \dots, fc$$

$$\hat{\alpha}_w(f) = \alpha_w(f) \cdot ((Pow_{h/l} - 1) \cdot f + fc) / fc, \quad f = 0, \dots, fc$$

【0062】例えば、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルの低域パワーと高域パワーの比が小さい場合、即ち、低域パワーが高域パワーに比較して大きい場合には、第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを更に低域を持ち上げて傾斜を急にするように変更することで、入力信号および平均雑音の周波数特性に応じたスペクトル引き去りとスペクトル振幅抑圧の聴覚重み付けができるので、例えば、高雑音環境下などで音声/雑音区間の区別がつかない場合において、入力信号スペクトルおよび平均雑音スペクトルの平均スペクトル概形とその時間変動に応じて重み係数を合わせることができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0063】本実施の形態では、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ の変更を行っているが、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ または第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ のどちらか一方だけ変更しても構わない。

【0064】実施の形態3

また、実施の形態2の別の形態として、聴覚重み変更手段17において、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルの平均スペクトルの代わりに、入力信号振幅スペクトルのみを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、その低域パワーと高域パワーの比で第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することも可能である。

【0065】入力信号振幅スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することで、入力音声スペクトルの周波数特性に応じたスペクトル引き去りとスペクトル振幅抑圧の聴覚重み付けができるので、例えば、入力信号振幅スペクトルの概形とその時間変動に応じて重みを合わせることができ、特に有音区間において雑音抑圧量を大きくできるので、

10

*クトルの平均スペクトルを求め、その平均スペクトルの例えば低域を0から63点までを低域スペクトルとし、64点から127点までを高域スペクトルとして、それぞれから低域パワー Pow_l および高域パワー Pow_h を計算し、高域/低域パワー比 $Pow_h/Pow_l = Pow_{h/l}$ を計算する。ただし、 $Pow_{h/l}$ が1.0を上回った場合には1.0に制限し、最小値閾値 Pow_{th} を下回った場合には Pow_{th} に制限する。続いて聴覚重みの変更を行う、例えば、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ を変更する場合には、数式(10)のようにそれぞれの聴覚重み α_w 、 β_w に高域/低域パワー比 $Pow_{h/l}$ を乗じて、変更した聴覚重み $\beta_w(f)$ 、 $\alpha_w(f)$ を聴覚重み制御手段7へ出力する。

【0061】

【数10】

聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0066】本実施の形態では、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ の変更を行っているが、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ または第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ のどちらか一方だけ変更しても構わない。

【0067】実施の形態4

また、実施の形態1の別の形態として、聴覚重み変更手段17において、入力信号振幅スペクトルの代わりに、平均雑音スペクトルを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、その低域パワーと高域パワーの比で第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することも可能である。

【0068】平均雑音スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することで、平均雑音スペクトルの周波数特性に応じたスペクトル引き去りとスペクトル振幅抑圧の聴覚重み付けができるので、例えば、高雑音下でも平均雑音スペクトルの概形とその時間変動に追従して重みを合わせることができ、特に雑音区間において雑音抑圧量を大きくできるので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0069】本実施の形態では、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ の変更を行っているが、第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ または第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ のどちらか一方だけ変更しても構わない。

【0070】実施の形態5

実施の形態1の別の形態として、聴覚重み変更手段17において、雑音らしさ判定手段3が出力する雑音判定結果を用いて、例えば、雑音区間と判定された場合は図2に示す第1の聴覚重みを大きくかつ傾斜を緩やかにして雑音スペクトルに合ったものとする一方、音声区間においては音声スペクトルの傾斜に合うように重みを変更しても構わない。また、第2の聴覚重みに関しては、雑音

11

区間の場合には、重みを大きくかつ傾斜を大きくし、音声区間では重みを小さく傾斜を緩やかにしても構わない。

【0071】雑音らしき判定手段が出力する判定結果を用いて第1の聴覚重みと第2の聴覚重みを変更することで、雑音レベルに応じたスペクトル引き去りとスペクトル振幅抑圧の聴覚重み付けができるので、例えば、雑音区間と音声区間によって重みを変更することができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0072】実施の形態6

スペクトル減算手段8において、引き去り後スペクトルが負になった場合に埋め戻し処理に用いる所定の低レベル雑音に対して、周波数方向の聴覚重み付けを行うことも可能である。

【0073】図5は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態6の構成を示すブロック図であり、実施の形態1に係る図1との同一、対応部分には同一符号を付して示す。構成については図1と同様であるので説明は省略する。以 *

$$S(f)_s = \begin{cases} S(f) - \alpha_c(f) \cdot N(f) & \text{if } S(f) > \alpha_c(f) \cdot N(f) \\ \gamma_w(f) \cdot n(f) & \text{else} \end{cases}$$

【0078】第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ と同様に、第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ も使用環境等で決定することができる。図6は第3の聴覚重み γ_w の一例である。図7は低レベル雑音 $n(f)$ を聴覚重み付けしない場合(図a)と重み付けする場合(図b)における、引き去り後スペクトルの一例である。図7に示すように、高域になるに従って埋め戻す低レベル雑音の振幅レベルを大きくすることにより、高域における引き去り残ったスペクトル成分と埋め戻したスペクトル成分とのレベル差が小さくなるため、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの生成を抑圧することができる。

【0079】図6に示すように、埋め戻し処理に用いる所定のスペクトルに聴覚重み付けを行うことにより、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの生成を抑圧することができるので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0080】実施の形態7

実施の形態6の別の形態として、スペクトル減算手段8において、埋め戻し処理に用いる所定の低レベル雑音の代わりに、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルを用いることも可能である。

【0081】埋め戻し処理に用いる入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルに聴覚重み付けを行うことにより、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの生成を抑圧することができることに加えて、例

12

*下、図5に従って本実施の形態の雑音抑圧装置の動作原理を説明する。

【0074】聴覚重み算出手段6は、所定の定数 γ 、 γ' (例えば $\gamma=0.25$ 、 $\gamma'=0.4$)を入力し、数式(11)より第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ を算出する。 f_c はナイキスト周波数である。

【0075】

【数11】

$$\gamma_w(f) = (\gamma' - \gamma) \cdot f / f_c + \gamma, \quad f = 0, \dots, f_c$$

【0076】スペクトル減算手段8は、平均雑音スペクトル $N(f)$ にSN比制御された第1の聴覚重み $\alpha_c(f)$ を乗じて、数式(12)のように振幅スペクトル $S(f)$ の減算を行い、雑音引き去り後スペクトル $S_s(f)$ を出力する。また、雑音引き去り後スペクトル $S_s(f)$ が負になった場合には、第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ を低レベル雑音 $n(f)$ に乗じたスペクトル成分を挿入する埋め戻し処理を行う。

【0077】

【数12】

例えば、高雑音環境下などで音声/雑音区間の区別がつかない場合において、残留雑音スペクトルを入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの平均スペクトル成分に類似させることができるので、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0082】実施の形態8

実施の形態7の別の形態として、スペクトル減算手段8において、埋め戻し処理に用いる所定の低レベル雑音の代わりに、入力信号振幅スペクトルを用いることも可能である。

【0083】埋め戻し処理に用いる入力信号振幅スペクトルに聴覚重み付けを行うことにより、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの生成を抑圧することができることに加えて、例えば、音声区間において残留雑音スペクトルを入力信号スペクトルに類似させることができるので、スペクトルの変形を防止することができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0084】実施の形態9

実施の形態8の別の形態として、埋め戻し処理に用いる所定の低レベル雑音の代わりに、平均雑音スペクトルを用いることも可能である。

【0085】埋め戻し処理に用いる平均雑音スペクトルに聴覚重み付けを行うことにより、ミュージカルノイズの発生要因の一つと考えられる、周波数軸上に孤立する尖鋭スペクトルの生成を抑圧することができることに加えて、例えば、雑音区間において残留雑音スペクトルを平均雑音スペクトルに類似させることができるので、ス

13

ベクトルの変形を防止することができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0086】実施の形態10

実施の形態2の別の形態として、第1の聴覚重みおよび第2の聴覚重みと同様に、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、第3の聴覚重みを低域パワーと高域パワーの比で変更することも可能である。

【0087】図8は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態10の構成を示すブロック図であり、実施の形態2に係る図4との同一、対応部分には同一符号を付して示す。構成については図4と同様であるので説明は省略する。以下、図8に従って本の実施の形態

【0088】聴覚重み変更手段17は、時間/周波数変換手段2が出力する128点の振幅スペクトルおよび平

$$\hat{\gamma}_w(f) = \gamma_w(f) \cdot ((Pow_{h/l} - 1) \cdot f + f_c) / f_c, \quad f = 0, \dots, f_c$$

【0090】入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で第3の聴覚重みを変更することで、埋め戻し処理に用いる所定のスペクトルに対して、入力信号スペクトルおよび平均雑音スペクトルの周波数特性の変動に追従するように聴覚重み付けができるので、例えば、音声/雑音区間の区別を行わない場合において、残留雑音スペクトルを入力信号スペクトルと平均雑音スペクトルの平均スペクトルの概形とその時間変動に合わせることができるので、ミュージカルノイズの発生を抑えることができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0091】実施の形態11

実施の形態10の別の形態として、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルとの平均スペクトルの代わりに、入力信号振幅スペクトルを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、その低域パワーと高域パワーの比で第3の聴覚重みを変更することも可能である。

【0092】入力信号振幅スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で第3の聴覚重みを変更することで、埋め戻し処理に用いる所定のスペクトルに対して、入力音声信号の周波数特性の変動に追従するように聴覚重み付けができるので、例えば、音声区間において、残留雑音スペクトルを入力信号スペクトルの概形とその時間変動に合わせることができるので、ミュージカルノイズの発生を抑えることができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0093】実施の形態12

実施の形態11の別の形態として、入力信号振幅スペクトルの代わりに、平均雑音スペクトルを低域と高域に分割して低域パワーおよび高域パワーを求め、その低域パワーと高域パワーの比で第3の聴覚重みを変更すること

14

*均雑音スペクトル更新および保持手段4が出力する平均雑音スペクトルを入力し、振幅スペクトルと平均雑音スペクトルの平均スペクトルを求め、その平均スペクトルの例えば低域を0から63点までを低域スペクトルとし、64点から127点までを高域スペクトルとして、それぞれから低域パワー Pow_l および高域パワー Pow_h を計算し、高域/低域パワー比 $Pow_h/Pow_l = Pow_h/l$ を計算する。ただし、 Pow_h/l が1.0を上回った場合には1.0に制限し、最小値閾値 Pow_{th} を下回った場合には Pow_{th} に制限する。続いて、数式(13)のように第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ に高域/低域パワー比 Pow_h/l を乗じて、変更した第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ をスペクトル減算手段に出力する。

【0089】

【数13】

も可能である。

【0094】平均雑音スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で第3の聴覚重みを変更することで、埋め戻し処理に用いる所定のスペクトルに対して、平均雑音信号の周波数特性の変動に追従するように聴覚重み付けができるので、例えば、雑音区間において、残留雑音スペクトルを平均雑音スペクトルの概形とその時間変動に合わせることができるので、ミュージカルノイズの発生を抑えることができ、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0095】実施の形態13

実施の形態6の別の形態として、第1の聴覚重みまたは第2の聴覚重みと同様に、第3の聴覚重みをSN比計算手段5が出力するSN比で制御しても構わない。

【0096】第3の聴覚重みを、SN比計算手段が出力するSN比で制御することにより、雑音レベルに応じた埋め戻し処理を行うことができるので、例えば、自動車走行騒音など低域傾斜雑音の場合において、低域ではSN比が大きいので低域では埋め戻し量を小さく、高域になるに従ってSN比が小さくなるので埋め戻し量を大きくすることにより、ミュージカルノイズの発生要因の一つである孤立スペクトルの発生を防止しつつ雑音抑圧量を大きくでき、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0097】実施の形態14

実施の形態6の別の形態として、第3の聴覚重みに対し、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルの比を乗じてその値を調整することも可能である。

【0098】図9は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態14の構成を示すブロック図であり、実施の形態6に係る図5との同一、対応部分には同一符号を付して示す。図5と比べて新たな構成は、聴覚重み調整手段18であ

15

る。その他の構成については図5と同様であるので説明は省略する。以下、図9に従って本実施の形態の雑音抑圧装置の動作原理を説明する。

【0099】聴覚重み調整手段18は、第3の聴覚重み γ_w に、数式(14)のように入力信号振幅スペクトル*

$$\gamma(f)_a = \begin{cases} \gamma_w(f) \cdot (S(f)/N(f)) & \text{if } S(f) < N(f) \\ \gamma_w(f) & \text{else} \end{cases}$$

【0101】第3の聴覚重みに、入力信号振幅スペクトルと平均雑音スペクトルの比を乗じてその値を調整することで、埋め戻し処理に用いるスペクトル成分を周波数方向に平滑化できるので、孤立した尖鋭スペクトル成分の存在がその発生要因の一つと考えられているミュージカルノイズの発生要因を抑圧でき、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0102】実施の形態15

また、実施の形態1の別の形態として、少なくとも一つの聴覚重みは外部より制御または選択することもできる。

【0103】図10は本発明の雑音抑圧装置の実施の形態15の構成を示すブロック図である。図10において新たな構成は、雑音抑圧装置19、メモリ20、音声符号化装置21、である。以下、図10に従って本実施の形態の雑音抑圧装置の動作原理を説明する。

【0104】例えば、複数の第1の聴覚重み $\alpha_{w1}(f)$, \dots , $\alpha_{wn}(f)$ をメモリ20に蓄えておき、音声符号化装置21が出力する重み変更信号に従い、雑音抑圧装置外部のスイッチ22で所望の第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ を選択する。この重み変更信号は、例えば、音声符号化装置21の音声符号化方式が、音声状態によって伝送レートが変化する可変レート符号化の場合や、複数の音声符号化手段を内蔵している場合などにおける、伝送レート変更信号または符号化手段変更信号に連動している。

【0105】例えば、図10中の音声符号化装置21が可変レート符号化の場合、伝送レートが低くなると一般に音声符号化における雑音表現能力が低くなるのでスペクトルが変形するデメリットよりも雑音抑圧量を大きくする方が優先される。そこで、伝送レートが低い場合はメモリ20中の $\alpha_w(f)$ 重みが大きい(スペクトル減算程度が大きい)ものを選択する。一方、伝送レートが高い場合には雑音表現能力が比較的高いので、スペクトル変形感を防止しつつ雑音抑圧するために雑音抑圧量を小さくする、即ちメモリ20中の $\alpha_w(f)$ 重みが小さい(スペクトル減算程度が小さい)ものを選択する。

【0106】第1の聴覚重みを外部より制御または選択することで、例えば、本発明の雑音抑圧装置の後段に接続される音声符号化装置の符号化特性に合ったスペクトル引き去りの聴覚重み付けを行うことができるので、例えば、雑音表現能力に乏しい音声符号化方式が選択され

16

*S(f)と平均雑音スペクトルN(f)との比を乗じて、調整された第3の聴覚重み γ_a としてスペクトル減算手段8へ出力する。

【0100】

【数14】

た時にそれに応じて雑音抑圧量を大きくできるので、更に聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0107】

【発明の効果】この発明に係る雑音抑圧装置は、時間軸の入力信号を周波数領域に変更して振幅スペクトルと位相スペクトルを得、第1および第2の聴覚重み信号対雑音比に基いて制御し、このように制御された第1の聴覚重みと雑音スペクトルとの積を前記振幅スペクトルから減算することによりスペクトル減算を行い、スペクトル減算により得られた雑音引き去りスペクトルに信号雑音比で制御された第2の聴覚重みを乗算してスペクトル振幅抑圧を行い、スペクトル振幅抑圧処理した信号を時間軸信号に変換するようにしたので、スペクトル減算処理によるミュージカルノイズを抑圧でき、且つ、スペクトル減算処理で除去しきれなかった残留雑音を周波数領域において聴感上好ましい振幅抑圧を行うことができる。

【0108】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、信号対雑音比が大なる周波数領域では第1および第2の聴覚重みを大とし、信号対雑音比が小なる周波数領域では第1および第2の聴覚重みを小とするように聴覚重みを制御するので、スペクトル減算処理において、信号対雑音比が大きい領域では雑音を大きく減算し、信号対雑音比が小さい領域では小さく減算するので、スペクトルの過度の引き去りが防止され、また、スペクトル振幅抑圧においては、低域では振幅抑圧を弱め、高域になるに従って振幅抑圧を強めるようにしたので、低域に大きな成分を持つ自動車走行騒音が重畳した音声信号の高域の残留雑音を効果的に振幅抑圧することができる。

【0109】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、第1および第2の聴覚重みの少なくとも一方を、入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルの平均スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で変更するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0110】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、入力信号が雑音か音声かの判定結果により、第1および第2の聴覚重みを変更するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0111】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、スペクトル減算手段による減算結果が負となる場合は、所定のスペクトルに第3の聴覚重みを乗じたスペクトルを

17

埋め戻すので、聴感上好ましい雑音抑圧を行なうことができる。

【0112】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、スペクトル埋戻し処理で用いる所定のスペクトルとして、入力信号振幅スペクトル、雑音スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルとの平均スペクトルを使うので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0113】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、第3の聴覚重みを入力信号振幅スペクトルまたは入力信号振幅スペクトルと雑音スペクトルとの平均スペクトルの低域パワーと高域パワーの比で変更するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0114】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、第3の聴覚重みを信号対雑音比で制御するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0115】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、第3の聴覚重みに入力信号振幅スペクトルと平均雑音の比を乗じてその値を調整するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

【0116】また、この発明に係る雑音抑圧装置は、少なくとも一つの聴覚重みを外部より制御または選択するようにしたので、聴感上好ましい雑音抑圧を行うことができる。

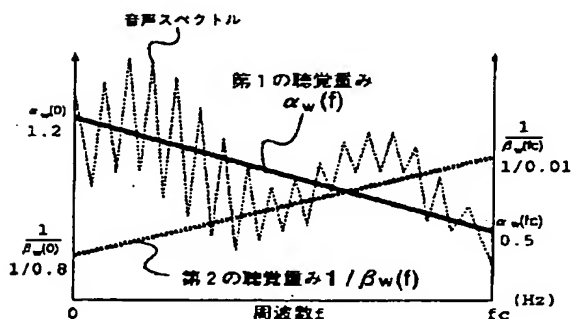
【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係る雑音抑圧装置の実施の形態1の構成を示すブロック図である。

【図2】 この発明の第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ の一例を示す図である。

【図3】 この発明に係る雑音制御装置の聴覚重み制御手段により第1の聴覚重み $\alpha_w(f)$ および第2の聴覚重み $\beta_w(f)$ を制御する一例である。

【図2】



18

*【図4】 この発明に係る雑音制御装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図5】 この発明に係る雑音抑圧装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図6】 この発明の第3の聴覚重み $\gamma_w(f)$ の一例である。

【図7】 この発明に係る雑音抑圧装置の一実施の形態において、雑音引き去り後のスペクトルが負の場合に埋め戻す低レベル雑音 $n(f)$ スペクトルを聴覚重み付けしない場合 (a) と重み付けする場合 (b) における、引き去り後スペクトルの一例である。

【図8】 この発明に係る雑音抑圧装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図9】 この発明に係る雑音抑圧装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

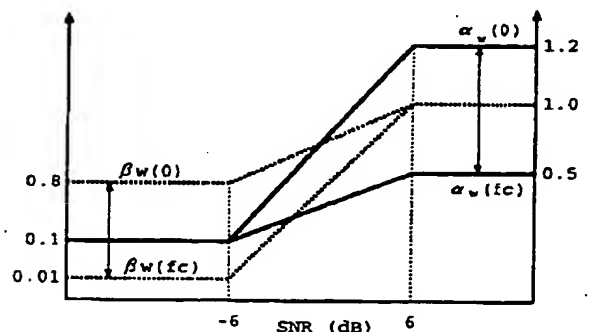
【図10】 この発明に係る雑音抑圧装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図11】 従来の雑音抑圧装置の構成を示すブロック図である。

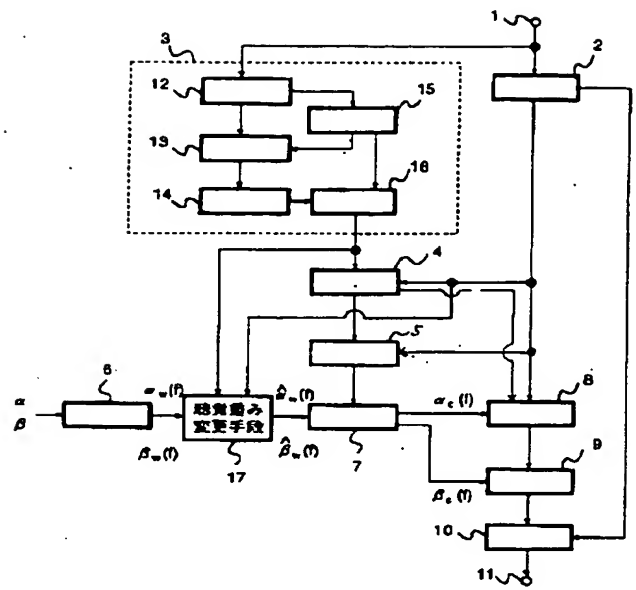
20 【符号の説明】

- 1 入力信号端子, 2 時間/周波数変換手段
- 3 雑音らしき判定手段, 4 平均雑音スペクトル更新および保持手段
- 5 SN比計算手段, 6 聴覚重み算出手段
- 7 聴覚重み制御手段, 8 スペクトル減算手段
- 9 スペクトル抑圧手段, 10 周波数/時間変換手段
- 11 出力信号端子, 12 ローパスフィルタ
- 13 逆フィルタ, 14 自己相関分析手段
- 15 線形予測分析手段, 16 更新速度係数決定手段
- 17 聴覚重み変更手段, 18 聴覚重み調整手段
- 19 雑音抑圧装置, 20 メモリ
- * 21 音声符号化装置, 22 スイッチ

【図3】

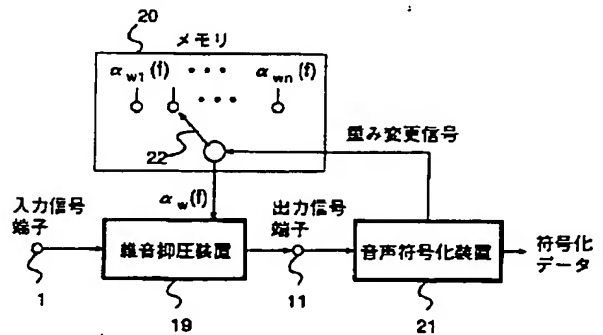


【圖 4】

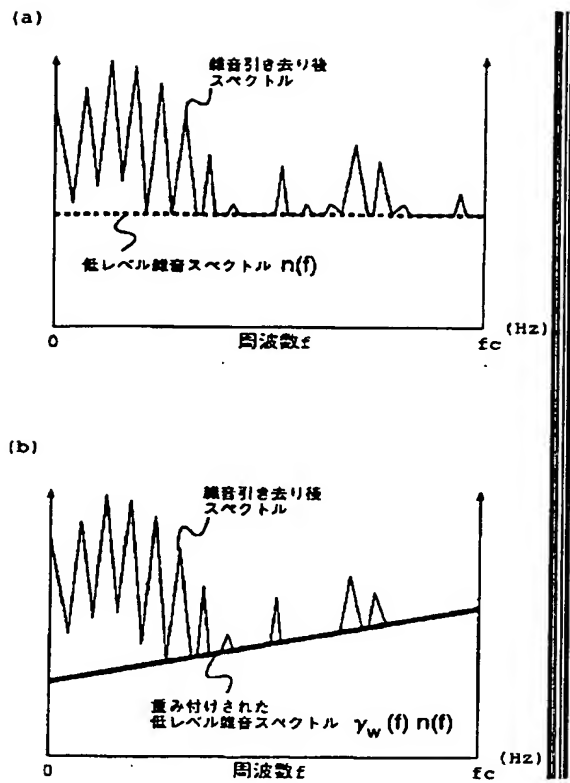


【図 6】

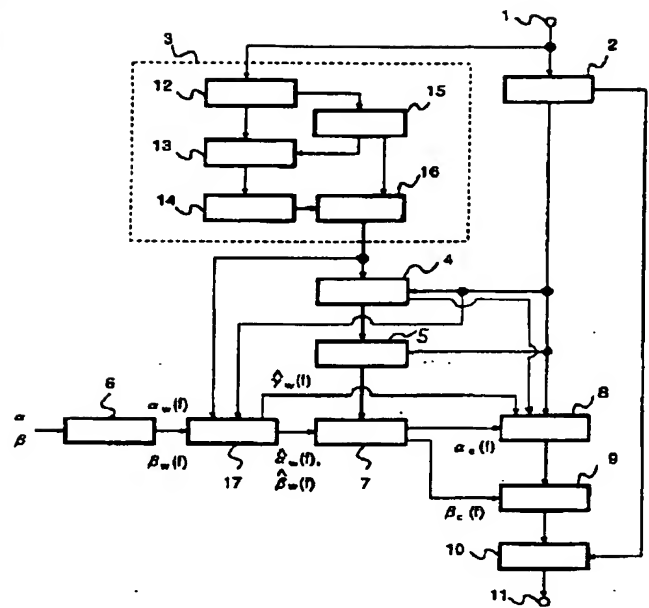
【図 10】



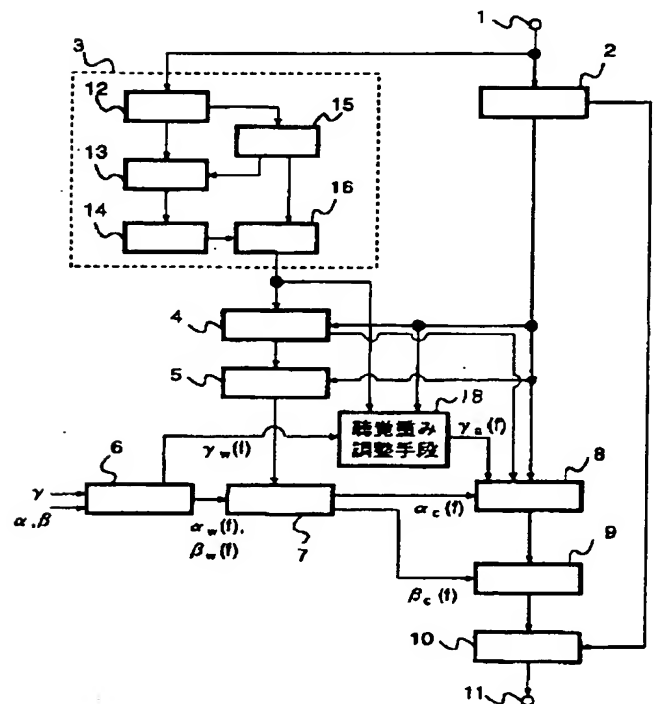
【図7】



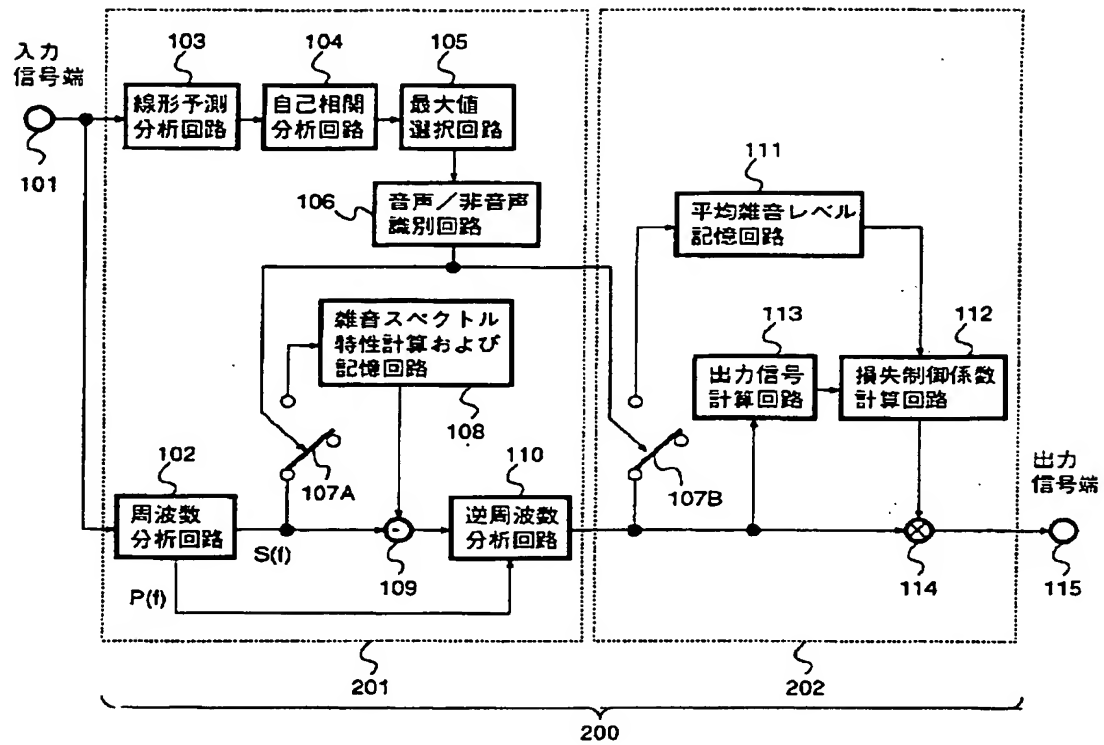
【図8】



【図9】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.